

Anja Zupan¹, Aleš Breclj², Borut Geršak³

Srčni spodbujevalniki – kaj, kdaj in kako

Implantable Pacemakers – what, when and how

IZVLEČEK

KLJUČNE BESEDE: srčni blok, spodbujevalniki umetni

Kot druga področja znanosti tudi medicino preplavlja svet računalniške tehnologije. V diagnostiki in zdravljenju se odpirajo mnogi novi pristopi, ki so se še nekaj desetletij nazaj zdeli domišljija. Ena takih izjemnih pridobitev sodobnejše medicine je tudi srčni spodbujevalnik, ki je od svoje prve vstavitve leta 1958 (Senning, Švedska) doživel neverjeten razvoj. Majhen računalnik, ki se vstavi v telo in od takrat naprej sledi in nadzira vsak srčni utrip ter vskoči, ko srcu spodleti. Naprava, ki bistveno izboljša kakovost in podaljša življenje ljudem z motnjami srčnega ritma: otroci s prirojenimi ali pridobljenimi motnjami ritma lahko normalno odrastejo, mnogi športno dejavni odrasli lahko nadaljujejo s svojo dejavnostjo. V prispevku so predstavljena osnovna načela delovanja srčnih spodbujevalnikov, indikacije za njihovo vstavitve in obravnava bolnika s srčnim spodbujevalnikom.

ABSTRACT

KEY WORDS: heart block, pacemakers artificial

The digital world of computer technologies is becoming increasingly important in all fields of science, including medicine. Many new approaches that seemed to be pure fantasy decades ago are now being realised, in both diagnostics and treatment. One of these incredible advances in modern medicine are implantable pacemakers, which have undergone tremendous development since first implantation in 1958 by Senning in Sweden. A pacemaker is a small computer that is implanted into the human body and from then on tracks every heartbeat, triggering a pulse when the heart fails to make a contraction. This is a device which has thoroughly changed the quality and duration of life of people suffering from cardiac rhythm disturbances: such children are now able to grow up and develop normally into adults and many still active adults do not need to give up their sports activities. The following article discusses some basic issues related to implantable pacemakers, from principles of their functioning and indications for their implantation to the essentials of treating patients with this device.

¹ Anja Zupan, štud. med., Medicinska fakulteta, Univerza v Ljubljani.

² Mag. Aleš Breclj, dr. med, Klinični center Ljubljana, Klinični oddelek za kirurgijo srca in ožilja, Zaloška 7, 1000 Ljubljana.

³ Prof. dr. Borut Geršak, dr. med, Klinični center Ljubljana, Klinični oddelek za kirurgijo srca in ožilja, Zaloška 7, 1000 Ljubljana.

UVOD

Srčni spodbujevalniki so eno pogostejših sredstev za zdravljenje, ki se jih poslužuje invazivna medicina. V Kliničnem centru Ljubljana so v letu 2003 vstavili 426 stalnih srčnih spodbujevalnikov in 52 defibrilatorjev (Kirurški protokol 2003). Glavni namen srčnega spodbujevalnika je zagotoviti zadostno srčno frekvenco in po možnosti omogočiti usklajeno delovanje preddvorov in prekatov. Poleg t. i. protibradikardnih naprav, ki se uporabljajo največ, poznamo še protitahikardne, ki preprečujejo tahikardne motnje ritma (1, 2, 3), defibrilatorje, ki prekinajo prekatno migetanje z močnim električnim impulzom, biventrikularne spodbujevalnike, ki se vstavijo bolnikom z zelo slabim iztisnim deležem levega prekata (njihova lastnost je, da s hkratnim sproženjem v obeh prekatih uskladijo njuno krčenje in izboljšajo iztisno funkcijo) (4), ter take, ki se bolj kot za sproženje uporabljajo v diagnostične namene (npr. odkrivanje akutne zavrnitvene reakcije v presajenem srcu z merjenjem živosti srčne mišice).

KAJ JE SRČNI SPODBUJEVALNIK

Srčni spodbujevalnik predstavlja majhen računalnik, ki preko pulznega generatorja in

elektrode proži impulze električnega toka, ki v srcu izzovejo depolarizacijo, ko v njem ni zadostne lastne dejavnosti. Pri tem skuša delovati čimbolj naravno, podobno zdravemu srcu, za kar potrebuje določene informacije o dogajanju v telesu, da lahko, upoštevajoč načela in omejitve, ki mu jih vstavimo s programiranjem, izvede primeren odziv. Napetosti, ki jih spodbujevalnik proizvaja so velikosti nekaj voltov, z največjo možno napetostjo med 7 in 8 V (odvisno od modela spodbujevalnika).

Najenostavnejši naravni kazalec ravnotežja med delovanjem simpatičnega in parasimpatičnega živčevja v telesu je sinusno vodena aktivnost v preddvorih. Če bolnik nima normalnega sinusnega ritma, se spodbujevalnik ravna po drugih senzorjih (5, 6):

- elektrokardiografski senzorji: merjenje QT-dobe (se krajša s prevlado simpatičnega živčevja),
- senzorji na piezoelektrični kristal: senzor dejavnosti (zaznava tresljaje telesa), akcelerometer (zaznava pospeške in pojemke premikov telesa),
- fotosenzorji, ki merijo nasičenost venske krvi s kisikom (pade pri naporu),
- senzorji minutne ventilacije (merijo upornost med konico elektrode v srcu in baterijo spodbujevalnika, ki se med vdihom in izdihom spreminja; velikost te spremembe je



Slika 1. Stalni srčni spodbujevalnik, aktivna in pasivna elektroda.

odvisna od dihalnega volumna, njena hitrost pa od frekvence dihanja; izračunanemu minutnemu volumnu dihanja spodbujevalnik nato prilagodi srčno frekvenco),

- senzorji, ki merijo pH krvi (pade pri naporu).

Poznamočasne in stalne srčne spodbujevalnike. Oboji delujejo po enakih načelih, le da sočasni zgrajeni preprosteje, zaradi česar je njihovo delovanje le osnovno (npr. nimajo zgoraj omenjenih dodatnih senzorjev, po katerih bi se ravnali...). Namen časasnih spodbujevalnikov je premostiti nekajdnevno obdobje srčnega odpovedovanja, ki nastane zaradi nenadnega pojava resne motnje ritma, ki se reši z zdravlili ali z vstavitvijo trajnega srčnega spodbujevalnika oziroma po operaciji na odprtem srcu, po kateri srce takoj ne more vzpostaviti zadostne lastne frekvence.

KAJ NAM POVE KODA SRČNEGA SPODBUJEVALNIKA

Za označevanje tipov spodbujevalnikov se uporablja mednarodni način označevanja – generična koda spodbujevalnika, ponavadi sestavljena iz treh ali štirih mest (7, 8):

1. mesto: votlina, kjer spodbujevalnik proži
A (angl. *atrium*) = preddvor
V (angl. *ventricle*) = prekat
D (angl. *dual*) = oba
0 = nobeden
2. mesto: votlina, kjer spodbujevalnik zaznava
A (angl. *atrium*) = preddvor
V (angl. *ventricle*) = prekat
D (angl. *dual*) = oba
0 = nobeden
3. mesto: način proženja
I (angl. *inhibited*) = zavrt, pomeni, da spodbujevalnik ne proži, če zazna lastno dejavnost srca
T (angl. *triggered*) = prožen, pomeni, da srčni utrip (npr. v preddvoru) sproži spodbujevalnikov impulz (v prekату), če mu v določenem času ne sledi lasten utrip prekatov
D (angl. *dual*) = oba načina (I in T)
0 = noben način
4. mesto: možnost prilagajanja frekvence proženja
R (angl. *rate adaptive*) = spodbujevalnik pri delovanju upošteva poleg p-valov tudi ostale senzorje dejavnosti (9)

5. mesto: protitahikardno delovanje
P (angl. *pacng*) = proženje nad lastno srčno frekvenco
S (angl. *shock*) = defibrilacijski šok
D (angl. *dual*) = oba

Koda zajema tisti način delovanja, ki je za določen spodbujevalnik najbolj zapleten. Pomeni, da lahko spodbujevalnik deluje po tem ali po kakšnem izmed enostavnejših načinov, odvisno od nastavitve po vstavitvi glede na posameznika.

Na prvem ali drugem mestu se lahko pojavi tudi oznaka S (angl. *single chamber*, pomeni enovotlinsko proženje), ki pove, da se spodbujevalnik lahko nastavi bodisi na proženje v preddvoru (AAI-način) bodisi na proženje v prekату (VVI-način). To kratico uporabljajo predvsem proizvajalci spodbujevalnikov in je neke vrste tovarniška oznaka.

Primer

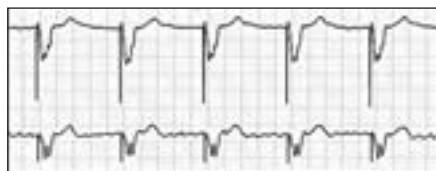
SSIR-spodbujevalnik lahko deluje po načinu VVI, AAI, VVIR, AAIR, ne pa tudi po VDD-načinu. Načina VOO in AOO, ki bi bila pri tem spodbujevalniku tudi možna, se uporabljata zgolj časovno pri preverjanju delovanja v ambulanti in ne kot trajni nastavitvi.

DDDR-spodbujevalnik lahko deluje po vseh možnih načinih proženja in zaznavanja.

Primeri najpogosteje uporabljenih načinov proženja



Slika 2. AAI-način: proženi p-valovi, ki se normalno prevedejo v prekat. Tako je lahko videti tudi delovanje DDD-spodbujevalnika: proženje v preddvorih, kjer ni spontane depolarizacije, v prekatih pa lastna dejavnost zavre spodbujevalnik.



Slika 3. VVI-način: migetanje preddvorov, prožena dejavnost v prekatih.



Slika 4. DDD-način: prožena dejavnost tako v preddvorih kot v prekatih.



Slika 5. VDD-način: preddvorno vodeno spodbujanje prekatov.

KAKO SRČNI SPODBUJEVALNIK DELUJE

Za dobro delovanje je bistvena pravilna lega elektrode, ki mora omogočati dobro zaznavanje lastne srčne dejavnosti in zanesljivo proženje srčne votline, v kateri leži.

Enovotlinski spodbujevalniki potrebujejo za delovanje eno elektrodo, dvovotlinski pa dve (izjema med njimi je VDD-spodbujevalnik, ki prav tako deluje z eno). V spodbujevalniku je časovno natančno določeno, koliko časa bo čakal na lastno dejavnost, preden bo sam sprožil impulz.

Osnovni princip delovanja dvovotlinskega spodbujevalnika prikazuje slika 6. Enovotlinski deluje enako, le da spodbujevalnik po zaznani/proženi krčtvi v eni votlini ne preskoči na zaznavanje v drugi, temveč čaka na naslednji impulz v isti.

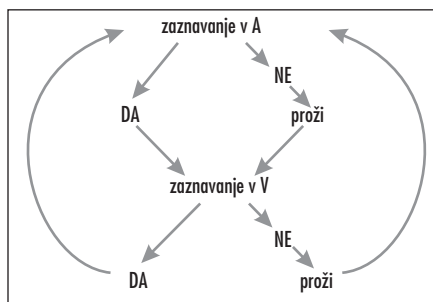
NEKAJ O ELEKTRODAH

Elektrode se do srca lahko privedejo preko ven ali pa se pritrdijo naravnost na njegovo površino. Lahko so trajne, ki leta ostanejo v telesu, lahko pačasne, ki jih je treba po nekaj dnevih odstraniti.

Trajne elektrode

Elektrode, ki se vstavijo v srčne votline (endokavitarne)

Elektrode so primerne, če ustrezajo naslednjim pogojem (10): združljivost z biološkimi



Slika 6. Osnovni princip delovanja spodbujevalnika.

lastnostmi telesa, enostavna vstavitve (upogljivost, možnost dobrega usmerjanja), zadosti majhna debelina, da dopušča možnost vstavitve več elektrod skozi eno veno, dobra pritrditev, možnost morebitne kasnejše odstranitve, varna oblika (z nizko možnostjo poškodb tkiv ob vstavljanju).

Glede na način pritrditve v srce elektrode delimo na aktivne in pasivne (slika 1).

Aktivne imajo na konici vijak in se privijejo v srčno mišico. Takšna namestitve je zelo stabilna, vendar pri tem nastane poškodba tkiva, s čimer je večja nevarnost tvorbe veziva ob konici, ki lahko vodi v kasnejše slabo prevajanje impulzov. Za preprečitev tega imajo nekatere elektrode konico prevlečeno s snovjo, ki preprečuje brazgotinjenje in se počasi (nekaj mesecev) sprošča v okolico.

Pasivne elektrode imajo na koncu plastične brčice, s katerimi se zasidrajo med horde zaklopki v prekatu. Poškodba tkiva je tu najmanjša, se pa lahko elektrode izmaknejo s svojega mesta in ne delujejo.

Sčasoma del elektrod, ki je v srcu, prerašče endotelij. To jih lahko pritrdi ne samo na srce v predelu konice, ampak tudi ob vhodu v desni preddvor na steno zgornje vene kave. Zato je pozno odstranjevanje elektrod ob njihovi zamenjavi lahko zelo neprijeten in nevaren postopek.

Glede na zgradbo ločimo enopolne in dvopolne elektrode (10).

Enopolne elektrode so enostavnejše. Predstavlja jih izolirana žica, ki se z enim delom pritrdi v spodbujevalnik, z neizolirano konico pa se dotika srčne mišice. Ta predstavlja tudi pozitivni pol tokokroga, negativni pol je baterija spodbujevalnika. Tok torej teče od spodbujevalnika do konice elektrode, sklene

pa se z vračanjem po tkivu, ki je prevodno, nazaj do baterije. Tak tokokrog je zelo velik. Ker ni omejen na srce, lahko pride do motenj (npr. zaznavanje mišične dejavnosti) v delu, ki je neizoliran. Po drugi strani pa omogoča zanesljiv elektrokardiografski prikaz delovanja spodbujevalnika, saj se prožilni impulzi zelo dobro prikažejo in razlaga takšnega EKG-zapisa je veliko lažja.

Dvopolne elektrode so sestavljene iz dveh izoliranih žic, od katerih se ena konča na konici elektrode, druga pa z neizoliranim obročkom dober centimeter višje. Tokokrog je v tem primeru manjši in nadzorovan, neizoliran del predstavlja le pot od konice do obročka po srčni mišici. Dvopolne elektrode so torej pri zaznavanju zanesljivejše, so pa zaradi svoje sestave debelejšje od enopolnih.

VDD-elektroda se uporablja pri VDD-spodbujevalnikih. Pogoj za uporabo tega načina je brezhibno delovanje preddvorov. Vzrok motnjam srčnega ritma je blok prevajanja preko AV-vozla. S spodbujevalnikom želimo to oviro obiti, za kar potrebujemo zaznavanje v obeh votlinah in proženje v prekatu. Ker bi bilo v preddvoru odveč imeti svojo elektrodo le za zaznavanje, so razvili prilagojeno elektrodo, ki ima poleg osnovne konice z delom za proženje in obročkom za zaznavanje še en neizoliran obroček, približno 15 cm višje. Ob pravilni namestitvi elektrode ta del ostane nad trilstno zaklopko in zaznava dogajanje v preddvorih.

Elektrode, ki se namestijo na površino srca (epikardialne)

Za namestitev teh elektrod je potreben dostop do dela srčne mišice: med operacijo na odprtem srcu, preko subksifodnega ali subkostalnega pristopa ali s pomočjo leve lateralne torakotomije. Obstaja več tipov pritrditve elektrod na srce: z vgrajenim vijakom, iglo ali kaveljčkom v obliki trnka oziroma z našitjem na epikard. Te elektrode se navadno ne izmaknejo, je pa njihov položaj včasih treba spremeniti zaradi težav z zaznavanjem ali proženjem, ki nastanejo kot posledica poškodbe srčne mišice ob njihovi namestitvi na srce.

Enako kot elektrode znotraj votlin so lahko tudi elektrode na površini srca enopolne in dvopolne.

Začasne elektrode

Za njih veljajo podobne lastnosti kot za trajne elektrode. Prav tako se delijo na enopolne in dvopolne ter obstajajo v epikardialni in endokavitarni različici. Zgradba začasnih elektrod je zaradi njihovega namena preprostejša. Njihova bistvena prednost je enostavna vstavitvev, ki je možna zunaj operacijske dvorane, npr. na oddelku, pod rentgenskim nadzorom, kar omogoča hitro ukrepanje v primerih kritičnega srčnega odpovedovanja zaradi motnje ritma. Z iglo se nabode veno (podključnično, jugularne vene...) in se skozi njo s pomočjo vodilne žice vstavi elektrodo do srca. Drugi konec se priključi na zunanji srčni spodbujevalnik. Ker elektroda poteka skozi kožo, jo je nujno po nekaj dnevih odstraniti zaradi možnosti širjenja bakterij s kože v notranjost telesa ter nastanka vnetij.

KDAJ RAZMIŠLJAMO O VSTAVITVI SRČNEGA SPODBUJEVALNIKA

Praviloma se spodbujevalniki vstavijo bolnikom, ki imajo (10–15):

1. simptomatske bradikardne motnje ritma (občasni občutki vrtoglavice, težkega dihanja, če je ob tem prisotna še izguba zavesti, govorimo o sindromu GMAS):
 - sinusna bradikardija,
 - prehodni ali trajni AV-bloki II. in III. stopnje,
 - preddvorne tahiaritmije s počasnim odgovorom prekatov,
 - preobčutljivost karotidnega sinusa (ob rahlem pritisku na karotidno arterijo premor v srčnem ritmu več kot 3 sekunde),
 - kronotropna nezadostnost (nezmožnost zadostnega povišanja srčne frekvence ob naporu);
2. brezsimptomne motnje ritma z nevarnostjo nenadne hude bradikardije: AV-blok II. stopnje tipa Mobitz 2;
3. brezsimptomne motnje ritma, pri katerih obstaja nevarnost asistolije, prekatno migetanje in nenadne srčne smrti:
 - srčna frekvenca pod 40/min in
 - premor v srčnem ritmu več kot 3 sekunde;
4. motnje ritma brez simptomov, kjer ni verjetnosti, da bi se stanje v prihodnosti

izboljšalo, in obstaja velika verjetnost, da bodo sčasoma postale simptomatske:

- prirojeni AV-blok III. stopnje s širokimi QRS-kompleksi,
- AV-blok II. ali III. stopnje, trajajoč več kot 7 dni po operaciji na srcu.

Obstaja še mnogo drugih indikacij za vstavitve spodbujevalnika, pri katerih pa se zanjo odloča na ravni posameznega bolnika, glede na njegove potrebe.

KAKO SE ODLOČIMO, KATERI SPODBUJEVALNIK JE PRIMEREN ZA BOLNIKA

Pri simptomatskem bradikardnem bolniku je treba ugotoviti, kaj je vzrok njegove motnje v srčnem ritmu (16, 17). Najenostavnejši in zelo poveden vir podatkov o tem je osnovni elektrokardiogram. Ob ugotovljenem AV-bloku, z normalnim delovanjem preddvorov v mirovanju, so potrebni nekateri dodatni testi (atropinski test – pokaže odziv preddvorov na povečano dejavnost simpatičnega živčevja ob hkratni zavori parasimpatičnega, obremenitveni test ...), ki razkrijejo, kako se sinusni vozle odzove na potrebo po zvišanju

srčne frekvenca, npr. ob naporu. Na osnovi ugotovitev se izbere najprimernejši spodbujevalnik za bolnika (18) (slika 7).

KAJ JE POMEMBNO PRI VSTAVITVI SPODBUJEVALNIKA

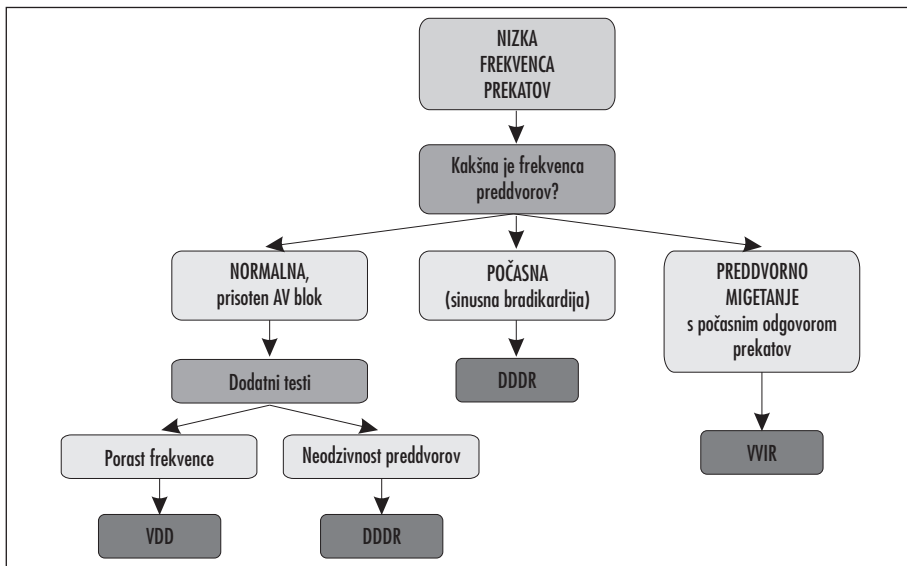
1. Kam se vstavi spodbujevalnik in elektrode

Baterija spodbujevalnika se navadno pritrdi v podkožni žep pod desno ali levo ključnico (11). Od nje se speljejo elektrode do srca po eni od naslednjih žil:

- cefalna vena,
- podključnična vena,
- notranja jugularna vena,
- zunanja jugularna vena.

Če so vsi ti pristopi onemogočeni, se po istem vrstnem redu skuša vstaviti elektrodo na drugi strani. Če še to ne gre, se uporabijo epikardialne elektrode, ki se prišijejo neposredno na srce, baterija spodbujevalnika pa ostane v podkožju epigastrija. Sternotomija za ta, t. i. subsifoidni pristop ni potrebna.

Obstajajo tudi nekateri drugi pristopi, kjer se spodbujevalnik vstavi:



Slika 7. Shematski prikaz izbire spodbujevalnika glede na nivo motnje v srčnem pevanju. Vse omenjene motnje ritma so lahkočasne ali trajne. Nekaterečasne motnje ritma, ki niso vključene v shemo (simptomatska kronotropna nezadostnost, bolezen preobčutljivega karotidnega sinusa ...), se kažejo s katero od navedenih in so obravnavane enako kot le-ta.

- v steno trebušne votline nad dimeljsko vez, elektroda pa se skozi skupno iliakalno veno spelje do srca (v primeru, da so vsi ostali pristopi na prsnem košu izčrpani in ne želimo uporabiti epikardialnih elektrod),
- pri ženski v gubo pod dojko (estetski učinek) (10).

Vstavev srčnega spodbujevalnika lahko poteka v lokalni ali splošni anesteziji, vendar se v zadnjem času uporablja predvsem lokalna. Obstajajo primeri, ko ta ni primerna in se poseg izvede v splošni (npr. vstavitve spodbujevalnikov majhnim otrokom, uporaba epikardialnih elektrod, starejši, slabo sodelujoči bolniki ...).

2. Kako kirurg ve, kdaj je elektroda dobro vstavljena

Nameščanje elektrode v srce poteka pod vidnim nadzorom rentgenske diaskopije.

Ko je elektroda v srcu, se njena lega preveri še z elektrofiziološkimi meritvami, ki povejo:

- kakšna je upornost elektrode (koristen podatek o izolaciji in stiku konice elektrode z srčno mišico),
- kakšen je prag vzdražnosti (najmanjši električni impulz, ki še sproži val depolarizacije v srcu),
- kako dobro elektroda zaznava lastno dejavnost.

Pomembno je, da je prag vzdražnosti čim manjši. Spodbujevalnik je namreč baterija, ki se troši z vsakim električnim impulzom, ki ga pošlje v srce. Če je prag vzdražnosti visok, bo baterija prej prazna in jo bo treba prej zamenjati. Na vrednost praga vzdražnosti vpliva več dejavnikov, od zgradbe elektrode in njene vraščenosti v srce, do nekaterih zdravil (steroidi in kateholamini znižujejo prag, zaviralci adrenergičnih receptorjev-beta in nekateri ostali antiaritmiki pa ga zvišujejo) (10). Podobno se prag vzdražnosti spreminja s telesno dejavnostjo: pri jedi in v spanju naraste, pri športni dejavnosti pa pade. Izmerjena vrednost ob vstavitvi elektrode (akutni prag proženja) se v nekaj tednih podvoji ali potroji, nato pa počasi pade na svojo stabilno trajno vrednost (kronični prag proženja). Vzrok temu naj bi bila poškodba srčne mišice, ki ji sledi akutno vnetje, z obdobjem zacelitve na koncu. Spodbujevalnik mora biti nastavljen tako,



Slika 8. Pravilna lega elektrod (preddvorna v avikuli desnega preddvora, prekatna v konici desnega prekata).

da med temi spremembami zagotavlja zadostno varnostno okno za zanesljivo proženje.

Za pravilno delovanje spodbujevalnika je poleg ustreznega praga vzdražnosti ključno tudi dobro zaznavanje. Okno, v katerem spodbujevalnik zaznava, mora biti ravno pravšnje. Predvsem je odvisno od lege elektrode in njene vraščenosti v tkivo, pomembno pa lahko nanj vplivamo z nastavljivim parametrom – občutljivostjo spodbujevalnika. Če je občutljivost prevelika, spodbujevalnik zaznava »lažno« električno dejavnost, ki moti njegovo delovanje (npr. spodbujevalnik spozna zaznan impulz kot lastno srčno krčitev in ne proži, kar lahko močno ogrozi bolnika; lahko zamenja val T prekatne depolarizacije za p-val in takoj spet proži v prekatih ter povzroči tahikardijo). Če je občutljivost premajhna, spodbujevalnik ne zazna lastne srčne dejavnosti in proži impulze električnega toka, ki lahko v določeni fazi srčnega cikla sprožijo prekatno migetanje.

3. Kaj gre med posegom lahko narobe?

Najpogostejši možni zapleti so (8):

- pnevmotoraks,
- krvavitev v predelu vstopa elektrode v veno,

- krvavitev iz preddvora ali prekata (zaradi predrtja votline, posledično lahko sledi tamponada srca),
- draženje prepone,
- sproženje prekatne tahikardije, migetanja ali asistolije,
- ujetje konice elektrode med horde zaklopke,
- poškodba lističev trilistne zaklopke.

KAJ GRE LAHKO NAROBE PO OPERACIJI

Najpogostejši zapleti so naslednji (19–22):

- sprememba položaja elektrode,
- okužba rane,
- krvavitev v podkožni žep,
- poškodba elektrode (ob sunkovitem gibu se lahko uklešči med ključnico in rebro),
- tromboza ven, skozi katere potekajo elektrode,
- draženje mišic, na katerih leži spodbujevalnik,
- nekroza kože,
- prevelika ali premajhna občutljivost pri zaznavanju,
- fibroza ob konici elektrode (zviša prag vzdražnosti),
- prezgodnja izraba baterije,
- vnetje notranje srčne ovojnice (endokarditis) (23, 24).

KAKO DOSEŽEMO NAJBOLJŠE DELOVANJE SPODBUJEVALNIKA

V vsakem spodbujevalniku ob vstavitvi veljajo tovarniške nastavitve, ki jih je vedno treba dopolniti in spodbujevalnik prilagoditi bolniku, ki mu bo služil. Pri tem upoštevamo:

- motnjo ritma, zaradi katere je bolnik dobil spodbujevalnik (25),
- bolnikovo splošno stanje (starost, telesno zmogljivost, pridružene bolezni) (26, 27),
- stanje elektrod.

Nastavitve spreminjamo s pomočjo posebnega računalnika, ki se preko magnetne glave poveže s spodbujevalnikom.

ALI JE POTREBEN NADZOR DELOVANJA SPODBUJEVALNIKA

Srce je dinamičen organ, ključen za normalno delovanje organizma. Bolniki morajo hoditi na redne preglede enkrat do dvakrat letno, da se preveri in zagotovi pravilno delovanje spodbujevalnika.

Tako spodbujevalnik kot elektrode se namreč starajo in imajo svojo življenjsko dobo. Z leti izolacija elektrod postaja slabša, ob konici je vse več veziva, zato se prag vzdražnosti viša. Zelo pomembno je ob vsakem pregledu opraviti osnovne meritve na elektrodah in velikost spodbujevalnikovega impulza prilagoditi izmerjenim vrednostim (28).

Ob pregledu vidimo:

- delovanje spodbujevalnika v danem trenutku,
- EKG-zapis zadnjih 24 ur,
- dogodke, ki so se zgodili od zadnjega pregleda (spodbujevalnik jih zapiše v obliki tabel in histogramov) (29),
- staranje elektrod,
- stanje baterije: ko je baterija približno 85-odstotno izrabljena, začne spodbujevalnik opozarjati, da se bliža čas njegove zamenjave, ko ta odstotek naraste čez 95, spodbujevalnik začne varčevati z energijo in preskoči na osnovne nastavitve; takrat je zadnji čas za zamenjavo.

KAKO OMEJUJOČ JE SRČNI SPODBUJEVALNIK

Srčni spodbujevalnik ni ovira bolniku, ampak pripomoček, ki ob pravilnem upoštevanju preventivnih ukrepov znova omogoči popolnoma normalno in polno dejavno življenje.

Vsak bolnik s srčnim spodbujevalnikom dobi izkaznico in navodila, s katerimi se lahko izogne nekaterim nevarnostim, ki so povezane s prisotnostjo te naprave v telesu.

Vsi močni magnetni ali električni viri lahko po principu inducirane napetosti zmotijo delovanje spodbujevalnika (30, 31, 32). Povzročijo lahko, da se spodbujevalnik sam nastavi na osnovne, zaščitne nastavitve (npr. VVI-način, frekvenca 90/min in maksimalni impulz 7 V). Bolnikom, ki so hemodinamsko odvisni od usklajenega delovanja obeh votlin,

lahko to povzroča težave. Trenutno napačno zaznavanje lahko privede tudi dočasne asistolije, če je bolnik od spodbujevalnika popolnoma odvisen.

Med take naprave v vsakdanjem življenju sodijo naprave za odkrivanje kovin na letališčih in v trgovinah, aparati za avtomatsko zaznavanje vozovnic na smučiščih, mobilni telefoni ... Naštete naprave večinoma ne povzročajo težav, saj zmotijo delovanje le za en do dva utripa. Le redko pride do omenjenih prenestavitev spodbujevalnika (33).

Nasprotno se v bolnišnicah v postopkih diagnostike in zdravljenja uporabljajo nekatere naprave, ki lahko resneje ogrozijo nosilca spodbujevalnika (34), zato so pri njih potrebni posebni previdnostni ukrepi:

- Operacije (34): treba se je izogibati uporabi električnih nožev in koagulatorjev. Če to ni mogoče, je potrebno upoštevati varnostno območje okrog spodbujevalnika in elektrode. Poleg prenestavitve in zavrtja delovanja spodbujevalnika, lahko dodatni senzori (senzor minutne ventilacije) napačno delujejo in povzročijo proženje srca z najvišjo nastavljenjo frekvenco, lahko se elektroda fizično poškoduje ali pa se po njej prenese električni tok, ki povzroči opekline in brazgotine v srcu ter posledično višji prag ali celo nezmožnost vzdraženja srčne mišice.
- Zunanja defibrilacija (34): pri uporabi zunanega defibrilatorja lahko pride do poškodb spodbujevalnika, izbrisa shranjenih podatkov, poškodbe srčne mišice, ki je v stiku z elektrodo. Velikost takšnih poškodb je sorazmerna oddaljenosti ročk defibrilatorja od baterije spodbujevalnika ter od njihove postavitve glede na smer poteka elektrode. Varna razdalja naj bi bila vsaj 10 cm, tok pa naj bi med obema ročkama tekkel čim bolj pravokotno na potek elektrode. Važna je tudi velikost sproženega električnega pulza. Pri zunanji defibrilaciji je pri bolniku z vstavljenim spodbujevalnikom dobro za vsak primer vedno imeti pripravljen tudi zunanji začasni spodbujevalnik.
- Zunanjelesno drobljenje kamnov – ESWL (angl. *Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy*) lahko zmoti senzor na piezoelektrične kristale (34), zato naj se ne bi uporabljalo pri bolnikih z vstavljenim pulznim generatorjem pod ksifoidnim procesusom.

- Radioterapija: pri vklopu in izklopu naprav lahko pride do zavrtja delovanja spodbujevalnika. Ionizirajoče sevanje lahko poškoduje elektronsko vezje znotraj pulznega generatorja. Potrebno je čim bolj zmanjšati količino žarkov, ki dosežejo spodbujevalnik (obsevalni štiti, čim večja razdalja od snopa žarkov).
- Magnetno resonančno slikanje: je bilo dolgo časa absolutna kontraindikacija za bolnike z vstavljenim spodbujevalnikom. Zaradi močnega magnetnega polja je pred slikanjem iz bolnika in sobe same nujno potrebno odstraniti vse kovinske predmete, kar pa je v primeru srčnega spodbujevalnika nemogoče. Pulzi magnetnega valovanja so lahko ravno tako dolge frekvence, da jih spodbujevalnik ne zazna kot zunanji vpliv. Posledično vsak magnetni pulz po načelu inhibicije zavre spodbujevalnikov impulz, kar traja ves čas slikanja. To je za bolnike, ki so popolnoma odvisni od spodbujevalnika (nimajo lastnega ritma) usodno. Velik problem predstavlja gretje baterije in predvsem elektrode, ki v srcu lahko povzročijo opekline in brazgotinjenje. V zadnjih letih se razvijajo spodbujevalniki, zgrajeni iz snovi, ki so manj občutljive na elektromagnetno valovanje, in z večjo programsko zaščito proti elektromagnetnem motnjam. Tako se različnih študijah poroča o varnem slikanju tudi pri bolnikih z vstavljenim spodbujevalnikom (35, 36, 37).

Po uporabi vseh zgoraj naštetih naprav je treba vedno temeljito preveriti spodbujevalnikove nastavitve in jih po potrebi ponovno prilagoditi bolniku.

Po drugi strani občutljivost spodbujevalnika na elektromagnetne dražljaje omogoča, da bolniku v primeru nenadnega prenehanja spodbujevalnikovega delovanja (npr. zaradi premika elektrode, kjer nastavljena velikost impulza ne izzove več odziva v srcu) lahko rešimo življenje, če se približamo spodbujevalniku z močnim magnetom, kot je npr. radijski zvočnik, in s tem sprožimo prenestavitev na nujno proženje.

POPOTNICA SPODBUJEVALNIKOM V PRIHODNOST

Živimo v dobi bliskovitega razvoja mikrotehnologije. Z izdelovanjem zanesljivejših in

zmogljivejših računalnikov tudi srčni spodbujevalniki postajajo vse bolj neodvisni od zunanjih vplivov, vse bolj zmožni natančno zaznavati dogajanje v telesu na več nivojih

hkrati in končno – zmožni delovati skladno z njim kot zaključena celota. Upajmo, da bodo čez trideset let še bolj neverjetni, kot so se zdeli neverjetni v današnji obliki trideset let nazaj.

LITERATURA

- Gillis AM, Morck M, Fitts S. Antitachycardia pacing therapies and arrhythmia monitoring diagnostics for the treatment of atrial fibrillation. *Can J Cardiol.* 2002; 18 (9): 992–5.
- Savelieva I, Camm AJ. Atrial pacing for the prevention and termination of atrial fibrillation. *Am J Geriatr Cardiol.* 2002; 11 (6): 380–98.
- Passman RS, Weinberg KM, Freher M, Denes P, Schaechter A, Goldberger JJ, Kadish AH. Accuracy of mode switch algorithms for detection of atrial tachyarrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004; 15 (7): 773–7.
- Mardell AP. Biventricular pacing and cardiac resynchronization therapy: a fresh approach to heart failure and intraventricular conduction delay. *Can J Cardiovasc Nurs.* 2004; 14 (1): 29–38.
- Sutton R, Ryden L, Bourgeois I. *The Foundations of Cardiac Pacing, an Illustrated Guide to Rate Variable Pacing.* Futura Publishing Company; 1999. p. 111–53.
- Alt E, Barold SS, Stangl K. *Rate Adaptive Cardiac Pacing.* Springer Berlin, Heidelberg: Verlag; 1993. p. 52–77.
- Bernstein AD, Camm AJ, Fletcher RD, et al. The NASPE/BPEG generic pacemaker code for antibradyarrhythmia and adaptive-rate pacing and antitachyarrhythmia devices. *PACE* 1987; 10: 794–99.
- Kenda MF, Fras Z. Nenadna srčna smrt, sinkopa, srčni spodbujevalniki in defibrilatorji. Ljubljana: Zdrženje kardiologov Slovenije; 2003. p. 73–92.
- Raj SR, Roach DE, Koshman ML, Sheldon RS. Activity-responsive pacing produces long-term heart rate variability. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004; 15 (2): 179–83.
- Sutton R, Bourgeois I. *The Foundations of Cardiac Pacing, an Illustrated Practical Guide to Basic Pacing.* Futura Publishing Company; 1991. p. 54–5.
- Smrkolj V, ed. Kirurgija. Ljubljana: Sledi; 1995. p. 304–10.
- Kocjančič A, Mrevlje F, ured. *Interna medicina.* Ljubljana: EWO – DZS; 1998. p. 103–5.
- Kumar P, Clark M. *Clinical medicine.* W. B. Saunders; 2002. p. 737–43.
- Faddis MN, Rich MW. Related Articles, Pacing interventions for falls and syncope in the elderly. *Clin Geriatr Med.* 2002; 18 (2): 279–94.
- Gregoratos G, Abrams J, Epstein AE, Freedman RA, Hayes DL, Hlatky MA, et al. American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines/North American Society for Pacing and Electrophysiology Committee to Update the 1998 Pacemaker Guidelines. ACC/AHA/NASPE 2002 guideline update for implantation of cardiac pacemakers and antiarrhythmia devices: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/NASPE Committee to Update the 1998 Pacemaker Guidelines). *Circulation.* 2002 Oct 15; 106 (16): 2145–61.
- Kenda MF, Rakovec P. Sodobna obravnava motenj srčnega ritma. Ljubljana: Zdrženje kardiologov Slovenije: Delovna skupina za aritmologijo in elektrostimulacijo srca; 2000.
- Adan V, Crown LA. Diagnosis and treatment of sick sinus syndrome. *Am Fam Physician.* 2003; 67 (8): 1725–32.
- Silvetti MS, Drago F. Upgrade of single chamber pacemakers with transvenous leads to dual chamber pacemakers in pediatric and young adult patients. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004; 27 (8): 1094–8.
- Wiegand UK, Bode F, Bonnemeier H, Eberhard F, Schlei M, Peters W. Long-term complication rates in ventricular, single lead VDD, and dual chamber pacing. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2003; 26 (10): 1961–9.
- Brunner M, Olschewski M, Geibel A, Bode C, Zehender M. Long-term survival after pacemaker implantation. Prognostic importance of gender and baseline patient characteristics. *Eur Heart J.* 2004; 25 (1): 88–95.
- Celiker C, Kucukoglu MS, Arat-Ozkan A, Yazicioglu N, Uner S. Right ventricular and tricuspid valve function in patients with two ventricular pacemaker leads. *Jpn Heart J.* 2004; 45 (1): 103–8.
- Kong CW, Yu WC, Chen SA, Lin YJ, Huang CY, Chung SL. Development of atrial fibrillation in patients with atrioventricular block after atrioventricular synchronized pacing. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004; 27 (3): 352–7.
- Erdinler I, Okmen E, Zor U, Zor A, Oguz E, Ketenci B, Akyol A, Aytikin S, Ulufer T. Pacemaker related endocarditis: analysis of seven cases. *Jpn Heart J.* 2002; 43 (5): 475–85.
- del Rio A, Anguera I, Miro JM, Mont L, Fowler VG Jr, Azqueta M, Mestres CA; Hospital Clinic Endocarditis Study Group. Surgical treatment of pacemaker and defibrillator lead endocarditis: the impact of electrode lead extraction on outcome. *Chest.* 2003; 124 (4): 1451–9.
- Sweeney MO, Hellkamp AS, Ellenbogen KA, Glotzer TV, Silverman R, Yee R, Lee KL, Lamas GA; MOST Investigators. Prospective randomized study of mode switching in a clinical trial of pacemaker therapy for sinus node dysfunction. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2004; 15 (2): 153–60.

26. Walsh EP, Cecchin F. Recent advances in pacemaker and implantable defibrillator therapy for young patients. *Curr Opin Cardiol.* 2004; 19 (2): 91-6.
27. Altun A, Erdogan O, Yildiz M. Acute effect of DDD versus VVI pacing on arterial distensibility. *Cardiology.* 2004; 102 (2): 89-92.
28. Cristina Porciani M, Fantini F, Musilli N, Sabini A, Michelucci A, Colella A, Pieragnoli P, Demarchi G, Padeletti L. A perspective on atrioventricular delay optimization in patients with a dual chamber pacemaker. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2004; 27 (3): 333-8.
29. Piot O. Arrhythmia monitoring through pacemakers. *Circulation.* 2003; 108 (15).
30. Kolb C, Schmieder S, Lehmann G, Zrenner B, Karch MR, Plewan A, Schmitt C. Do airport metal detectors interfere with implantable pacemakers or cardioverter-defibrillators? *J Am Coll Cardiol.* 2003; 41 (11): 2054-9.
31. Rickli H, Facchini M, Brunner H, Ammann P, Sagmeister M, Klaus G, Angehrn W, Luechinger R, Duru F. Induction ovens and electromagnetic interference: what is the risk for patients with implanted pacemakers? *Pacing Clin Electrophysiol.* 2003; 26 (7 Pt 1): 1494-7.
32. Hekmat K, Salemink B, Lauterbach G, Schwinger RH, Sudkamp M, Weber HJ, Mehlhorn U. Interference by cellular phones with permanent implanted pacemakers: an update. *Europace.* 2004; 6 (4): 363-9. Barold SS, Stroobandt RX, Sinnaeve AF, *Cardiac Pacemakers Step by Step: an Illustrated Guide.* Mount Kisco, New York: Futura; 2004. p. 244
33. Barold SS, Stroobandt RX, Sinnaeve AF, *Cardiac Pacemakers Step by Step: An Illustrated Guide.* Mount Kisco, New York: Futura; 2004. p. 241-243
34. Roguin A et al. Modern pacemaker and implantable cardioverter/defibrillator systems can be magnetic resonance imaging safe: in vitro and in vivo assessment of safety and function at 1.5 T. *Circulation.* 2004; 110 (5): 475-82.
35. Kalin R, Stanton MS. Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2005; 28 (4): 326-8.
36. Del Ojo JL, Moya F, Villalba J, Sanz O, Pavon R, Garcia D, Pastor L. Is magnetic resonance imaging safe in cardiac pacemaker recipients? *Pacing Clin Electrophysiol.* 2005; 28 (4): 274-8.

Prispelo 2. 11. 2004